

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.03.02. Информационные системы и технологии
 Отделение школы Отделение информационных технологий

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка алгоритма поведения искусственного оппонента в настольной компьютерной игре в среде Unity3D

УДК 004.421.4:004.925.84:004.451

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И7А	Смирнов Тимофей Дмитриевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Друки Алексей Алексеевич	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Аверкиев Алексей Анатольевич	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Цапко Ирина Валериевна	к.т.н., доцент		

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКОВ)

по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии»

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные и общепрофессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные и математические знания для комплексной инженерной деятельности по созданию, внедрению и эксплуатации геоинформационных систем и технологий, а также информационных систем и технологий в бизнесе.
P2	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения инженерных задач.
P3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с созданием геоинформационных систем и технологий, информационных систем в бизнесе, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей.
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по созданию информационных систем и технологий, а также средств их реализации (информационных, методических, математических, алгоритмических, технических и программных).
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретация полученных данных, в области создания геоинформационных систем и технологий, а также информационных систем и технологий в бизнесе.
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные геоинформационные системы и технологии, информационные системы и технологии в бизнесе, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасность труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
<i>Универсальные (общекультурные) компетенции</i>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом. Владеть иностранным языком (углублённый английский язык), позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций.
P10	Демонстрировать личную ответственность за результаты работы и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать знания правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, а также готовность к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.03.02. Информационные системы и технологии
 Отделение школы Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Цапко И.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8И7А	Смирнову Тимофею Дмитриевичу

Тема работы:

Разработка алгоритма поведения искусственного оппонента в настольной компьютерной игре в среде Unity3D	
Утверждена приказом директора (номер, дата)	№ 36-82/с от 05.02.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11 июня 2021 г.
--	-----------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><i>Работа посвящена разработке алгоритма поведения искусственного оппонента в настольной компьютерной игре в среде разработки Unity3D путём модификации оценочного алгоритма частного перебора с иными элементами на языке программирования C#.. Вариации данного алгоритма могут быть использованы в задачах поддержания игрового процесса с искусственным оппонентом в крупнейших компьютерных игровых проектах жанра Collectible Card Game.</i></p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ предметной области 2. Сравнение работы и эффективности алгоритмов поведения искусственного оппонента в коллекционных карточных играх 3. Разработка компьютерной игры 4. Разработка собственного алгоритма 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6. Социальная ответственность
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p><i>Презентация в формате *.pptx</i></p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.э.н., Маланина Вероника Анатольевна
Социальная ответственность	ассистент, Аверкиев Алексей Анатольевич
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	25.01.2021
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Друки Алексей Алексеевич	к.т.н., доцент		25.01.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И7А	Смирнов Тимофей Дмитриевич		25.01.2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление: «Информационные системы и технологии»

Отделение: «Информационные технологии»

Период выполнения: (осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	75
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Друки Алексей Алексеевич	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Цапка Ирина Валерьевна	к.т.н., доцент		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8И7А	Смирнову Тимофею Дмитриевичу

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение информационных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	09.03.02 Информационные системы и технологии

Тема ВКР:

Разработка алгоритма поведения искусственного оппонента в настольной компьютерной игре в среде Unity3D

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является алгоритм поведения искусственного оппонента в коллекционной карточной игре. Рабочая зона: место оператора ПЭВМ. Область применения: проекты жанра коллекционные карточные игры.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ. 1. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 192-ФЗ (ред. от 30.04.2021). 2. ГОСТ 22269-76 Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. 3. ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя. 4. ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. 5. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение 6. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений 7. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарногигиенические требования к воздуху рабочей зоны» 8. ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности» 9. ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Пожарная безопасность технологических процессов» ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
2. Производственная безопасность:	Вредные факторы: 1. Недостаточная освещенность рабочей зоны

	2. Отклонение показателей микроклимата в помещении 3. Повышенный уровень шума Опасные факторы: 1. Опасность поражения электрическим током
3. Экологическая безопасность:	Воздействие на атмосферу, гидросферу, литосферу не выявлено.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС: 1. техногенные (взрывы, пожары, обрушение помещений); 2. природные (наводнения, ураганы, бури, природные пожары); 3. биологические (эпидемии, пандемии); 4. антропогенные (война, терроризм). Наиболее типичная ЧС: пожар.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Аверкиев Алексей Анатольевич	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И7А	Смирнов Тимофей Дмитриевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8И7А	Смирнову Тимофею Дмитриевичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	09.03.02 Информационные системы и технологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя (к.т.н., доцент) – 35000 руб. Оклад студента – 17500 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премияльный коэффициент 30%; Коэффициент доплат и надбавок 20%; Районный коэффициент 1,3; Коэффициент дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%;
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %;

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка потенциальных потребителей исследования. Проведение SWOT-анализа. Проведение Quad-анализа.
2. Планирование и формирование календарного плана проекта	Определение трудоемкости выполнения работ; Расчет материальных затрат НИИ; Основная зарплата исполнителей; Дополнительная зарплата исполнителей; Отчисления во внебюджетные фонды; Накладные расходы; Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта;
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Расчет бюджета НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И7А	Смирнов Тимофей Дмитриевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 77 – страниц, 16 – таблиц, 12 – рисунков, 36 – литературных источников.

Ключевые слова: искусственный оппонент, алгоритмизация поведения искусственного оппонента, оценочный алгоритм частного перебора, коллекционные карточные игры, компьютерная игра.

Объектом исследования является алгоритм поведения искусственного оппонента в коллекционной карточной игре.

Цель работы: сравнить и реализовать вариации алгоритмизации поведения искусственного оппонента в коллекционной карточной игре в среде разработки Unity3D на языке программирования C#.

В процессе исследования проводился анализ предметной области, изучение методов реализации поведения искусственного оппонента в современных карточных играх и коллекционных карточных играх.

В результате исследования разработан собственный алгоритм поведения искусственного оппонента – оценочный алгоритм частного перебора в два основных и два дополнительных этапа с условиями. Реализовано приложение развлекательного характера служащее для организации игрового процесса в жанре коллекционной карточной игры в среде разработки Unity3D на языке программирования C#.

Степень внедрения: планируется внедрение в промышленную эксплуатацию.

Область применения: проекты жанра коллекционные карточные игры.

Экономическая эффективность/значимость работы: разработка является экономически эффективной.

В будущем планируется улучшение алгоритма и увеличение контента созданной компьютерной игры.

Содержание

Цель работы	12
Задачи работы	12
Актуальность выбранной темы.....	13
1 Выбор среды разработки	14
1.1 Unreal Engine	14
1.2 Phaser.....	15
1.3 Corona SDK	15
1.4 Unity3D	15
2 Анализ предметной области.....	17
2.1 Правила игры	17
2.2 Составляющая карточной игры	19
3 Обзор реализаций и поведения искусственного интеллекта в современных популярных карточных играх	20
3.1 Hearthstone	20
3.2 Gwent.....	21
3.3 Legends of Runeterra	22
3.4 Dual choice	22
3.5 Покерный бот от Покерофф	24
3.6 Дурак от ComradMax.....	25
4 Обоснование выбора метода поведения искусственного оппонента	27
5 Составляющая алгоритмизации выбранного метода поведения искусственного оппонента	33
6 Оценка работы различных алгоритмов для созданной задачи	38
7 Разработанное приложение	46
8 Финансовый менеджмент	48
8.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	48
8.1.1 Потребители результатов исследования	48
8.1.2 Анализ конкурентных технических решений	48
8.1.3 Технология QuaD	49
8.1.4 SWOT-анализ	51
8.2 Планирование научно-исследовательских работ	52
8.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	52

8.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	53
8.2.3	Разработка графика проведения научного исследования	54
8.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	56
8.3.1	Расчет амортизационных отчислений	56
8.3.2	Основная заработная плата исполнителей темы	57
8.3.3	Дополнительная заработная плата.....	59
8.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	60
8.3.5	Накладные расходы	60
8.3.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	61
	Вывод	62
9	Социальная ответственность.....	63
	Введение	63
9.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	63
9.2	Производственная безопасность.....	64
9.2.1	Анализ вредных производственных факторов	64
9.3	Экологическая безопасность	70
9.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	70
9.4.1	Пожаробезопасность	70
	Вывод	72
	Итоги работы	73
	Список используемой литературы	74

Цель работы

Сравнить и реализовать вариации алгоритмизации поведения искусственного оппонента в коллекционной карточной игре в среде разработки Unity3D.

Задачи работы

1. Изучить современные подходы к реализации поведения искусственного оппонента в коллекционных карточных играх.
2. Изучить современные подходы к реализации поведения искусственного оппонента в карточных играх.
3. Сравнить эффективность реализации алгоритмизации поведения искусственного оппонента в карточных играх.
4. Сравнить работу алгоритмов поведения искусственного оппонента в коллекционных карточных играх.
5. Реализовать алгоритм поведения искусственного оппонента в коллекционной карточной игре.
6. Реализовать коллекционную карточную игру в среде разработки Unity3D, включающий реализованный алгоритм поведения искусственного оппонента.

Данная исследовательская работа будет продолжена в дальнейшем с целью улучшения и увеличения эффективности реализованного алгоритма поведения искусственного оппонента.

Актуальность выбранной темы

Десятилетие за десятилетием, невзирая на чрезвычайные ситуации государственных масштабов и даже используя их, игровая индустрия занимает лидирующие строчки по скорости развития, причём не только с финансовой, но и с технологической точки зрения. Компьютерные игры позволяют организовать соревновательную среду, причём не только между людьми, но и между человеком и искусственным оппонентом. Искусственным оппонентом в этом случае выступает игровой искусственный интеллект. Основная его роль – это симуляция поведения человека при решении определённой задачи, например управление вражеской армией.

Реализация искусственного интеллекта является не радикальной задачей, так как ключевая его задача – это развлечение пользователя. Однако во многих современных играх, даже от крупных игровых студий, соревноваться с искусственным оппонентом попросту не интересно, как, по словам разработчиков, так и, по мнению пользователей. Особенно эта проблема актуальна в жанре коллекционных карточных игр, где от каждого из игроков требуется серьёзная стратегическая составляющая.

В данной работе будут рассмотрены и применены на практике различные вариации реализации методов поведения искусственного оппонента в коллекционных карточных играх (ККИ) и карточных играх с упором на исследование эффективности работы различных алгоритмов. Результатом использования алгоритмов будет являться видеоигра в жанре ККИ в среде разработки Unity3D.

1 Выбор среды разработки

Для достижения поставленной цели требовалось выбрать наиболее подходящую среду разработки. На текущий момент существует множество доступных и универсальных современных кроссплатформенных технологий служащих для разработки интерактивных 3D приложений, которые способны работать в реальном времени. Данные технологии предоставляют широкий спектр средств для разработки различных приложений, в том числе и коллекционной карточной игры.

Выбор среды разработки заключался между основными финансово доступными технологиями на рынке на данный момент. Таковыми являются следующие средства разработки:

- Unreal Engine;
- Phaser;
- Corona SDK;
- Unity;

Рассмотрим ниже каждую среду подробнее, выделив их особенности.

1.1 Unreal Engine

Популярный движок для разработки. Имеется возможность создавать 2D и 3D приложения для персональных компьютеров, смартфонов и игровых консолей. Имеет свой магазин ассетов Unreal Engine Marketplace – это библиотека материалов, необходимых для создания проектов (содержит как платный, так и бесплатный контент).

Язык разработки – C++. Также в Unreal Engine имеется система Blueprints – система визуального скриптинга, позволяющая создавать приложения путем перетаскивания так называемых узлов и прописывания им определенных свойств. При таком подходе к созданию проекта нет необходимости в написании кода.

Unreal Engine имеет ряд более совершенных версий, на каждой из которых, начиная с 1998 года, создавались передовые и самые технологически требуемые приложения.

Unreal Engine предоставляется бесплатно, если проект разработчика приносит менее \$10 тысяч за квартал и \$1 миллиона на протяжении всего периода эксплуатации. В противном случае необходимо отчислять 5% от дохода. Также необходимо отчислять этот процент, если разработчик монетизирует свой продукт (в данном случае не имеет значение, какой доход будет приносить продукт).

1.2 Phaser

Phaser это HTML5 движок с открытым исходным кодом, который в последнее время наводит много шумихи. Он хорошо поддерживается Ричардом Дэви и сообществом вокруг него. Это отличный вариант для тех, кто хочет создавать веб-игры.

Разработка на Phaser выглядит крайне инновационной, возможно это новая ветвь в развитии игровой индустрии.

1.3 Corona SDK

Corona SDK предоставляет инструменты для создания кросс-платформенных игр. API позволяет создавать 2D игры, а также поможет вам создавать сложные функции, используя API на основе Lua. Кроме того, вы можете монетизировать Corona SDK с помощью Corona Ads. Разработка с помощью Corona достаточно проста благодаря тестированию в режиме реального времени.

Разработка проектов может вестись на C#, C++. Имеется возможность бесплатно пользоваться средой разработки, пока доход от проекта будет составлять менее \$100 тысяч в год.

1.4 Unity3D

Один из самых популярных игровых движков в течение последних нескольких лет. Unity поддерживает разработку как 2D, так и 3D-проектов. Также

разработчик может портировать разрабатываемые проекты на различные операционные системы: Windows, Linux, Android, IOS и др. Имеется и возможность порта приложений и на игровые консоли (PS4, Xbox One), веб платформы и в VR (virtual reality).

Данный движок является самым универсальным по своим возможностям. Его используют при создании, как крупных проектов, так и при разработке проектов от небольших независимых студий. Unity считается самой комфортной средой разработки из рассмотренных ранее.

Среда поддерживает такие языки программирования, как C# и Java-Script. Пользоваться Unity можно абсолютно бесплатно, пока разработчик зарабатывает на игре меньше \$100 тысяч в год. Также у разработчика имеется доступ к Assets Store – библиотеке материалов аналогичной библиотеке Unreal Engine Marketplace.

Для данной исследовательской работы была выбрана среда разработки Unity3D из-за следующих достоинств перед другими игровыми движками:

1. Двухлетний опыт работы в данной среде, который был получен на предыдущих курсах обучения. Предыдущие проекты так же были созданы на игровом движке Unity3D.
2. Целенаправленность средств, предоставляемых средой, направлена на комфорт разработки.
3. Простота разработки, так как целью работы не является создание крупного проекта.
4. Более глубокое владение используемым в Unity языком программирования – C#.

2 Анализ предметной области

2.1 Правила игры

Данный проект представляет собой коллекционную карточную игру, основанную на пошаговой системе передачи ходов между оппонентами в течение матча с использованием предварительно подготовленных колод карт. Игра не имеет явной общей сюжетной составляющей, и весь игровой процесс заключается в матчах между двумя игроками, один из которых пользователь-человек, другой искусственный оппонент.

Перед началом матча игрок выбирает одну из доступных колод карт, аналогичное действие делает и его соперник. Карты в колоде могут повторяться, но не более двух одинаковых копий. Далее каждый игрок получает по 4 случайные карты из выбранных колод и по два кристалла манны. Первый ход всегда у пользователя.

Карты в колоде – это карты существ, которые сражаются на поле, и карты заклинаний, которые влияют на это сражение. Каждая карта имеет свои особенности, взаимодействия с полем или другими картами, характеристики и стоимость, исчисляемую в кристаллах манны.

За ход можно разыграть любое количество карт, которое позволяет запас манны. Цель игры – свести запас здоровья вражеского героя до нуля и защитить собственного героя до этого момента. Герой это объект на карте, не обладающий уроном, но имеющий колоссальный запас здоровья, которого могут атаковать подконтрольные существа и на которого можно воздействовать заклинаниями.

При розыгрыше карты существа на стол призывается существо, обладающее показателями атаки и здоровья, указанными в нижней части карты слева и справа соответственно. Разыгранное существо будет способно атаковать лишь на следующий, после розыгрыша, ход. При атаке существом героя у последнего отнимается запас здоровья на величину равную показателю атаки существа, при атаке существом существа у обоих отнимается запас здоровья на

величину равную показателю атаки другого существа. Если запас здоровья существа отпускается до нуля и ниже, то оно исчезает с поля.

Некоторые существа также обладают дополнительными эффектами, указанными в тексте к каждой из карт, а именно:

- Двойная атака – существо может атаковать дважды за ход;
- Рывок – существо может атаковать в ход, в котором его разыграли;
- Божественный щит – существо имеет одноразовый щит, который поглощает первый полученный урон;
- Контратака – существо наносит двойной урон, если его атакуют;
- Провокация – существо не позволяет выбрать целью другие карты на поле и героя, которые не имеют статуса провокации;
- Регенерация – существо каждый ход увеличивает свой запас здоровья.

Существует ряд заклинаний, которые влияют на игровое поле, вражеских и союзных существ, союзного и вражеского героя.

Один раунд – это по одному ходу каждого из игроков, после каждого раунда у игроков восстанавливается запас манны и добавляется ещё один, вплоть до 9 единиц манны. В начале каждого хода игрок получает одну случайную карту из собственной колоды, до 10 карт в руке. Рука игрока – это карты уже взятые из колоды, но не разыгранные. Колода состоит из 30 карт. Запас здоровья героя 30 единиц. Игра продолжается до поражения одного из героев. Если карты в колоде закончились, то вместо получения новой карты игрок будет получать карту изнеможения, которая каждый ход отнимает по арифметической прогрессии здоровье героя.

2.2 Составляющая карточной игры

Данная игра была создана в жанре ККИ (коллекционная карточная игра). Подобными популярными играми этого жанра являются: Hearthstone, Gwent, Legends of Runeterra и многие другие.

В подобном жанре есть огромное пространство вариаций ходов, которое заключается в выборе целей для существ, заклинаний, само использование и розыгрыш карт в нужное время и место. Для победы требуется стратегическая составляющая, в неё входит как правильный выбор колоды, так и рациональное использование карт в течение матча. Создание комбинаций из возможностей доступных ресурсов. От игрока требуется принимать решения каждый ход, так как из-за случайной составляющей игрового процесса вариаций происходящего в матче становится ещё больше.



Рисунок 1 – Игровой процесс

3 Обзор реализаций и поведения искусственного интеллекта в современных популярных карточных играх

Сегодня существует множество приложений, которые позволяют сыграть в карточную игру на одном из множества платформ. И в большинстве своём в них используется искусственный интеллект для поведения искусственных оппонентов, с которыми может столкнуться игрок. Стоит отметить, что исследовательский интерес данной работы распространяется не только на жанр ККИ. Рассмотрены будут следующие проекты:

- Hearthstone
- Gwent
- Legends of Runeterra
- Dual choice
- Покерный бот от Покерофф
- Дурак от ComradMax

3.1 Hearthstone

Это самая старая из рассматриваемых ККИ существующая с 2014 года. В этой игре можно столкнуться с искусственным интеллектом в режиме приключения или в режиме тренировки. В Hearthstone использовалось множество методов машинного обучения, а так же немало вариаций алгоритмизации поведения оппонента. Это проект с самым большим разнообразием вариаций действия во время матча и самой большой случайной составляющей. Из-за этого создать достойного искусственного оппонента, как показывает практика, так и не вышло.

На лёгком уровне сложности бот пропускает летальные ходы, разыгрывает карты в урон самому себе, не пользуется способностями карт и героев и т.д. На среднем, самом высоком уровне сложности, решается лишь половина проблем. Существа размениваются с существами противника себе во вред, экономия ресурсов отсутствует. В тренировке используются лишь стандартные колоды.

Проиграть боту можно лишь в режиме приключений, где карты искусственного оппонента заведомо в разы сильнее карт пользователя.

Сам алгоритм поведения ИИ – это смесь машинного обучения с чётко прописанными инструкциями, которые очевидно заметны в режиме приключения и не так сильно в режиме тренировки. Приоритет бота – это завоевание контроля на карте, стратегических особенностей поведения нет.

В подобном большом проекте, из-за огромного множества механик карт, с большим процентом основанных на случайностях, невозможно создать какую-либо математическую модель, а так же сохранять баланс для карт. Поэтому разработчики с каждым обновлением попросту выпускают более сильные карты, которые заведомо заменят старые. Проект, как для исследования алгоритмизации искусственного оппонента, не представляет большой ценности.

3.2 Gwent

Более молодой, но не уступающий предыдущему по размаху проект. Случайная составляющая гораздо меньше, чем у предыдущего представителя семейства ККИ, однако из-за специфики игрового процесса, который идёт на полное взаимодействие каждой карты друг с другом, любая ошибка будет критичной. Цена ошибки крайне высока и любая пропущенная выгодная комбинация приведёт к поражению. Стратегическая составляющая для игры выходит на самое первое место, рациональное распределение ресурсов необходимо обязательно при каждом действии. Подобные обстоятельства попросту не оставляют возможностей в которых мог бы существовать искусственный оппонент.

Сам искусственный интеллект в игре можно встретить только в режиме тренировки и только для ограниченного небольшого ряда колод. Было применено глубокое обучение, подвид машинного обучения. Результат не получился достойным, годится лишь для обучения новичков игры, однако от него большего и не требуют разработчики.

3.3 Legends of Runeterra

Самый молодой проект из представленных. И искусственный интеллект самый слабый из предыдущих описанных проектов. Однако он, как уверяют разработчики, полностью алгоритмизирован. А отсутствие его развития связано с тем, что в этом нет потребности у игроков, так как с людьми соревноваться всегда интереснее.

Аналогично алгоритмам в hearthstone бот старается завладеть контролем над полем, уничтожить всех вражеских существ и не допустить появления новых. Только в Legends of Runeterra сразу по два уровня поля с каждой стороны и взаимодействие между ними крайне специфичное. Особенности запаса манны с предыдущих ходов с условиями и ограничениями требуют анализировать минимум на три хода вперёд, что крайне сложно для искусственного оппонента. Алгоритм старается выставить существ и использовать заклинания так, что бы не осталось манны, а это попросту противоречит положению о рациональном использовании ресурсов. Однако он никогда не пропускает возможности добить вражеского героя, если на то хватает ресурсов, даже при сложных комбинациях. Подобного не было реализовано с таким качеством у предыдущих проектов. Размен существами происходит только на выгодных условиях. Однако на выгодных условиях с точки зрения оставшихся характеристик на поле (сумма атаки и здоровья существ), но без учёта долгосрочных перспектив.

3.4 Dual choice

Малобюджетный и непопулярный проект. Однако он крайне интересен для данной исследовательской работы, так как вся работа с искусственным оппонентом происходит по генетическому алгоритму, который является одним из видов эволюционных алгоритмов. В каноничном виде данный алгоритм не используют, а адаптируют под условия поставленной задачи.

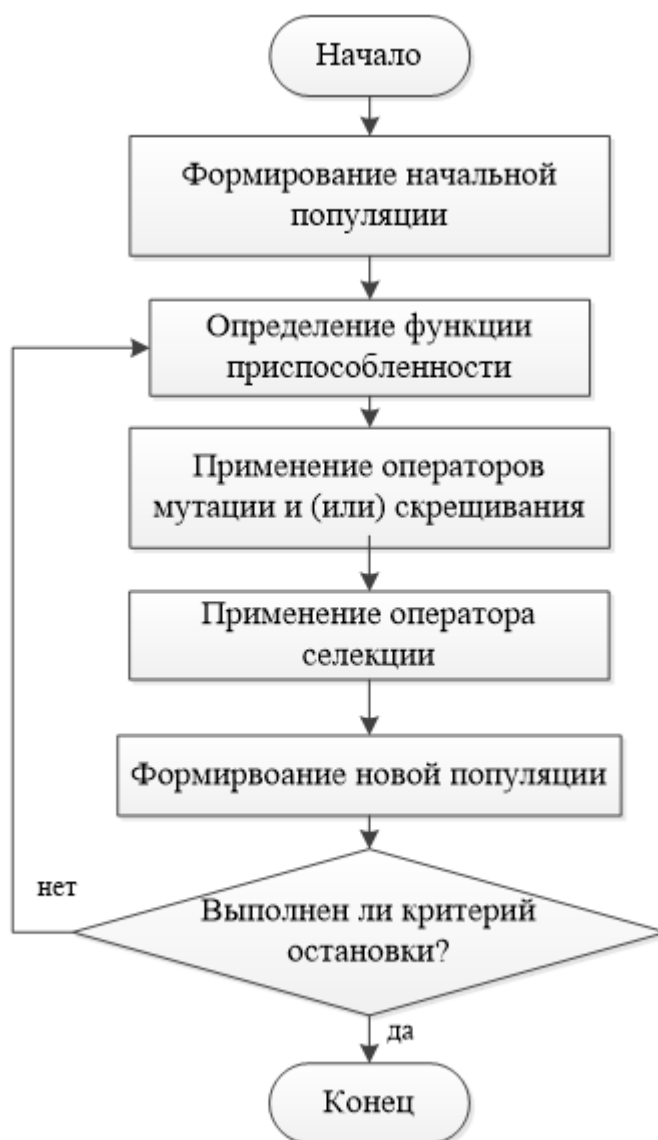


Рисунок 2 – Блок схема работы канонического генетического алгоритма

Данный алгоритм n шагов сравнивает главное действие, второе главное действие и второстепенные действия искусственного интеллекта, которые предстоит совершить за ход. На каждой из итераций проверяется возможность действия, критический последствия действия (неминуемое поражение, победа, потеря ключевых карт и так далее) и последствия как эффективность хода, то есть увеличения контроля над картой (или другая задача в зависимости от модификации алгоритма).

Данный алгоритм, в зависимости от пред настроек, способен выдавать достойные результаты с не критичными временными затратами. Однако его ключевая особенность – это целенаправленность на определённую задачу и для

каждой новой задачи требуется отдельная модернизация. К сожалению решаемые им задачи, без потерь эффективности, слишком просты. Например, в Dual Choice особенность игры – это обязательный розыгрыш ровно двух карт за ход (главное и второе главное действие), а остальные побочные действия – это лишь способности карт.

Так же искусственный оппонент имеет доступ ко всем картам пользователя и попросту их всегда видит. Это очень порочный путь, по которому пошли разработчики ради достойных результатов.

3.5 Покерный бот от Покерофф

Буквально в этом десятилетии покерный бот от Fesbook неоднократно обыграл лучших представителей рода человеческого, а позже в 2019 году его модификация имела 100% процент побед над любым соперником и в любом количестве. Данный результат был достигнут с помощью глубокого обучения нейросети на основе давно известной математической модели покера. Сама актуальность создания подобных ботов крайне велика, ведь всего один экземпляр эффективного зарабатывающего покерного бота имитирующего поведение человека оценивается в 5000\$.

Покерный бот от Покерофф это не пяти тысячный идеальный бот. В нём используются лишь полученная информация от клиента, которая интегрируется в математическую модель.

Сама математическая модель на выходе даёт представление о вероятности заработка при тех или иных действиях, ведь задача в покере не побеждать каждый раунд всех, а заработать больше денег, или хотя бы не потерять свои.

Для определения прибыльности того или иного действия используется понятие математического ожидания в денежном эквиваленте. Оно определяется как сумма всех возможных исходов события выраженных в деньгах, умноженных на вероятность этого события. Выражение в деньгах – это ставки соперников, а вероятность событий зависит от карт на столе и карт в руке. Далее, что бы посчитать недостающую вероятность события, есть ряд способов вычисления,

например, недостающие карты множество итераций подряд раздаются по столу в руки игроков. После подобного действия будет возможность составить статистику для каждого из действий. Собственно действия для игрока, в простом представлении, это сдать, уровнять или повысить ставку.

Напомню, что подобный алгоритм не гарантирует нам больший процент побед в раундах, он лишь представляет информацию о целесообразности каждого из действий в денежном эквиваленте.

3.6 Дурак от ComradMax

Карточная игра Дурак имеет множество модификаций, как и искусственные оппоненты, имеют множество модификаций для успешного отыгрыша. Далее рассмотрим самую обыкновенную версию, без каких либо модификаций.

Дурак, как и покер, уже имеет в своей истории непобедимых ботов. Однако если в покере стоит цель попросту набрать больший капитал, чем было до начало игр, то в дураке требуется побеждать каждую игру, а на практике это невозможно, так как попросту могут попадаться исключительно слабые карты на всём протяжении игры, с которыми победа возможна лишь при ошибках других игроков. Покер – это единственная из представленных игр в которой возможна 100% победа.

Первым делом стоит разделить игру на три части, начальная, промежуточная и финальная.

Во всех фазах требуется запоминать абсолютно все карты, которые было видно на поле. Будь это открытая карта, карты взятые игроком, карты которыми пытались отбиться, карты вышедшие из игры, карты которые не удалось побить какому-либо игроку. Дабы не усложнять алгоритм любую засветившуюся карту можно попросту сделать видимой для искусственного оппонента. Эти данные потребуются для вычисления вероятности, что соперник сможет отбиться от каждого из наших возможных ходов. Не засветившиеся ещё карты также будут

замещаться лишь вероятностью их нахождения в колоде или у одного из соперников.

Во время начальной фазы алгоритм собирает упорно информацию и накапливает тяжёлые карты и козыри, это самая простая фаза с точки зрения алгоритмизации. Промежуточная фаза – это когда остаётся один кон до исчерпания колоды, до того как все карты возьмут на руки. В этот момент уже можно с большой точностью предсказать какие карты остались в колоде и побороться за них, если это необходимо, так же имеет смысл довести положение до такого момента, что бы не пришлось брать полные 6 карт. И на последней финальной фазе требуется избавиться от всех карт. Следует помнить, что сейчас количество карт важнее их силы. Не считая множества приёмов и очевидных выводов, которыми пользуются настоящие игроки, алгоритмизация готова, надо лишь перевести на язык программирования.

4 Обоснование выбора метода поведения искусственного оппонента

Перечисленные методы реализации искусственного оппонента не удовлетворяют потребностям создаваемого приложения. Использование нейросетей и машинного обучения для них входит в планы на будущее. В данной работе будет использована лишь алгоритмизация при создании искусственного интеллекта. Выдавать искусственному сопернику информацию о картах в руке пользователя – это порочный путь, от которого сразу было решено отказаться. Использование генетического алгоритма попросту не решает поставленный вопрос. Математическую модель, как и для других коллекционных карточных игр, из-за вариативности действий в совокупности со случайной составляющей реализовать не представляется возможным. Однако так как цель создания искусственного оппонента не заключается в 100% побед, было решено создать приближённую математическую модель, от которой и будет отталкивать собственный созданный алгоритм.

Все созданные карты существ можно поделить на три вида по спецификации их эффективности на поле:

- Карты для нападения – имеют большой урон и малую выживаемость. Ими целесообразно атаковать вражеского героя, а оппонент вынужден с ними размениваться, иначе его герой получит слишком большой урон. Этих существ эффективно уничтожать с помощью заклинаний. Такие существа, как правило, имеют двойную атаку или рывок.
- Карты для контроля карты – имеют сбалансированные характеристики. Ими выгодно размениваться с вражескими существами. Эти карты приобретают ещё большую эффективность в совокупности с усиливающими заклинаниями. В случае приобретения контроля над картой могут нанести средний урон герою противника. Такие существа, как правило, имеют божественный щит или регенерацию.

- Карты для изнурения противника – имеют огромную выживаемость и влияют на игровой процесс на поле, например, за счёт провокаций. Такие карты не выгодно уничтожать оппоненту, однако игрок может вынудить его это сделать. Подобным картам вряд ли хватит урона уничтожить героя противника, однако с их помощью можно заставить противника исчерпать весь свой запас карт и проиграть от изнурения. К данным картам крайне эффективно применять заклинания провокации и увеличения здоровья карт. Такие существа, как правило, имеют контратаку или провокацию.

Так же существ можно разделить по их стоимости в кристаллах манны. Чем дороже существо, тем оно сильнее, однако практически каждое существо для нападения можно разменять более дешёвым существом, так как первые имеют слабую выживаемость.

Рассмотрим следующий пример:



Рисунок 3 – Пример выгодного размена для пользователя

На рисунке №3 представлено как игрок-человек противопоставил дорогому существу за 6 манны, дешёвенькую провокацию за 2 манны, если

оппонент не имеет существ с рывком или заклинание с уроном, то ему придётся провести крайне не выгодный размен или же пропускать ход для этого существа.

Ещё один пример:



Рисунок 4 – Пример выгодного хода для искусственного оппонента

На рисунке №4 представлено, как искусственный оппонент выгодно защитился от трёх карт игрока на столе. Предварительно ослабив сильнейшую карту игрока, искусственный соперник выставил среднюю провокацию, для прохождения которой потребуется потратить все три существа игрока.

Во время подобных моментов решается судьба инициативы, и, как следствие, победы в игре.

Разработанный собственный метод поведения искусственного оппонента, как и представители искусственного интеллекта от крупных издательств, отталкивается от контроля на карте. На данный момент его ключевая задача – это выгодный размен.

Подразумевается, что существует три вариации колод:

- Агрессивная – состоит из существ для нападения и заклинаний с уроном, цель этой колоды победить до 7-8 хода атакая только на героя оппонента, пока противник не успел завладеть тотальным контролем поля. Это является самой сложной, с точки зрения

реализации, тип колод, так как ошибка в использовании ресурсов попросту не допускается, требуется идеально обходить провокации противника и уничтожать только ключевых существ врага.

- Контроль карты – самая простая в реализации тактика. Состоит из смешанных существ и заклинаний. Задача игрока рационально размениваться существами, уничтожать ключевых, а затем всех остальных существ противника. Победить до начала изнурения, до конца колоды.
- Изнурение – требуется вынуждать соперника на невыгодные размены существами, усиливать собственные карты и ослаблять вражеские. Пережить всю колоду оппонента и дождаться когда его здоровье кончится под изнурением. Колода состоит преимущественно из тяжёлых существ с высокой выживаемостью и большим количеством исцелений.

Из созданных колод возможны 8 вариаций столкновений. Каждая колода – это устойчивый набор карт, от которого может отталкивать алгоритм поведения искусственного оппонента. На данный момент созданы объекты, в которых хранится информация об использованных картах обоих игроков. Изначально оппонент знает какую колоду он использует. После разыгранных 3-5 карт игроком алгоритм определяем тип колоды которой он пользуется. Следовательно, есть возможность рассчитать вероятность появления той или иной карты в руке игрока. Эта функция пока что не реализована, так как не прописано что делать с этой информацией. Колода игрока определяется за первые 3 разыгранные карты при агрессивной стратегии, и за 3-5 при остальных двух. На протяжении первых 10 разыгранных игроком карт этот логический вывод проверяется. Точность определения колоды игрока связана с характерными используемыми картами.

Реализованный собственный алгоритм несовершенен и в будущем будет радикально улучшаться, однако уже сейчас вполне способен развлечь новичка жанра ККИ на десяток партий.

Изначально, после создания приложения коллекционной карточной игры, алгоритм заключался в том, что искусственный оппонент попросту пытался разыграть карты в руке слева направо по доступным целям. Существа атаковали цели противника на случайной основе.

В проекте отдельными полями и объектами были реализованы карты в колодах, в руках, на столе, характеристики карт на столе со своей стороны и со стороны врага. Это позволило выдавать информацию для работы алгоритма.

Далее был реализован приоритет на существ, то есть искусственный оппонент старается разыграть изначально существ, если не хватает маны, то разыгрывает заклинание. Это связано с тем, что карты существ более универсальны и полезнее карт заклинаний, вторые эффективней лишь в определённых ситуациях.

Следующим шагом стало обучение рациональному использованию манны. Высчитываются все возможные вариации розыгрыша карт и выбирается та, где наибольшее количество карт с приоритетом у существ. Это противоречит положению о рациональном использовании ресурсов, однако заметно подняло эффективность искусственного оппонента.

Серьёзным дополнением стало изменение системы размена существами. Во первых, если алгоритмом было решено использовать заклинание с уроном, то сначала будет использовано оно или они, а уже затем начнут размениваться существа, это не относится к заклинаниям наносящим урон по герою врага. Во вторых просчитываются все возможные комбинации размена на поле боя, например если на столе стоит 3 существа со стороны ходящего и 4 с другой (плюс пятая цель – это герой врага), то таких комбинаций будет до 125, так как по уничтоженному существу уже не ударить стоит предлог “до”. Лучший вариант по суммарному изменению характеристик существ на столе и будет выбран.

Последним этапом в рамках данной исследовательской работы по улучшению собственного алгоритма поведения искусственного оппонента была проведена работа над рациональностью используемых ресурсов. Заклинания атаки по героям и исцеления союзного героя получили низший приоритет, так как

их использование полезно вне зависимости от хода. Например раньше вместо того, что бы поставить существо за две манны алгоритм бы нанёс 3 единицы урона по врагу заклинанием за одну манну и исцелил собственного героя на 3 единицы за две манны. Конечно заклинания это более сильное вложение на две манны, но на первых ходах требуется разыгрывать существ. Заклинания ослабления накладываются теперь на самых сильных существ врага, что не всегда хорошо, но лучше чем по случайному методу, а усиливаются наоборот, самые слабые собственные существа. Заклинания урона по существам не будут применяться, если в конце хода существо-цель не умрёт, алгоритм возвращается к началу и пересматривает ход, игнорируя эту карту заклинания. Так же алгоритм, проверяя все возможные ходы, проверяет возможность нанести летальный урон герою противника, если есть ход, который принесёт победу прямо сейчас, то он и выбирается.

Итоговый алгоритм по большей мере походит на метод полного перебора с рядом установок, над производительностью алгоритма была проведена работа, о ней позже.

Множество аспектов поведения искусственного оппонента остались не реализованными, на поведение человека он не походит. Однако при тестировании приложения на новичках при 5 участниках по 10 игр с каждым процент побед алгоритма составил ровно 60%. При тестировании с любителями в тех же условиях он составил 22%. Блок схема алгоритма никуда не поместится.

5 Составляющая алгоритмизации выбранного метода поведения

искусственного оппонента

Созданный алгоритм можно разделить на две взаимосвязанные, что крайне важно, части, а именно на действия уже разыгранных карт и розыгрыш карт из собственной руки. Перед тем как перейти к самому алгоритму следует разобрать начальную и доступную информацию для поведения искусственного оппонента.

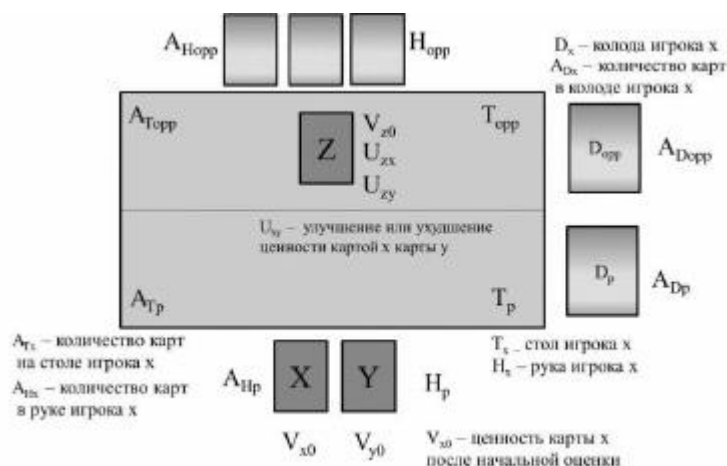


Рисунок 5 – Доступная информация для ИИ

На рисунке №6 представлена вся доступная оппоненту информация, а именно:

H_{opp} — информация о руке оппонента;

A_{Hopp} — количество карту в руке оппонента;

D_{opp} — информация о колоде оппонента;

D_{Dopp} — количество карт в колоде оппонента;

T_{opp} — информация о ситуации на игровом поле со стороны соперника;

A_{Topp} — количество карт на “столе” соперника;

Z_i — информация о каждом вражеском существе на игровом поле с известными значениями стоимости (V_{z0}), характеристики атаки (U_{zx}) и защиты (U_{zy}).

По аналогии искусственный оппонент имеет информацию и о своих соответствующих объектах с учётом информации о всех картах в руки и всех выбывших картах с обеих сторон.

Имея подобную информацию каждую карту можно охарактеризовать параметром «ценность». Название параметра говорит само за себя и приведено к

определению – коэффициент полезности карты при розыгрыше на данном ходу и в данной ситуации. Стоит пояснить, что во время хода ценность карты может меняться, особенно это характерно для карт заклинаний. Расчёт ценности карт для каждого определённого момента критически усложнит проект без серьёзной на то причины, так как подобный параметр вполне успешно будет замещён другими, уже описанными в предыдущем разделе, правилами метода.

Выведенная формула ценности карты:

$$V_x = V_{x0} + \sum U_x + \sum p(U_x)(V_{xk+1} - V_{xk}) - p_{gh}(V_{xk+1} - V_{xk}), \quad (1)$$

где: V_x – итоговая ценность карты X;

V_{x0} – начальный коэффициент ценности карты;

U_x – возможность увеличения ценности карты X за счёт известных карт из своей руки;

$p(U_x)$ – вероятность получения карты, увеличивающую или уменьшающую ценность карты X;

$(V_{xk+1} - V_{xk})$ – разница ценностей до и после увеличения или снижения ценности

p_{gh} – вероятность что оппонент получит карту уменьшающую или увеличивающую ценность карты X;

Реализация подобной формулы достаточно просто из-за статично прописанных коэффициентов для каждой карты, так например для карт сбалансированных существ попросту нет противодействий и их розыгрыш всегда имеет среднюю ценность. Карты агрессивных существ имеют противодействие в виде вражеских дешёвых существ и вражеских карт заклинаний с уроном в первую очередь или понижением урона существа, улучшения собственного существа божественным щитом или провокацией во вторую очередь. Агрессивные карты существ по этой формуле будет иметь смысл разыгрывать на подконтрольный стол. Карты защитных существ будут иметь средний приоритет всегда и высокий, когда вражеский стол будет заполнен агрессивными существами. Для карт заклинаний прописаны уникальные начальные коэффициенты ценности и противодействий что позволяет успешно подстраивать их под эту формулу.

Так же заклинания были поделены на две категории: точечные и глобальные. Точечные воздействуют на одно существо и их, как правило, следует использовать либо на самое мощное своё или вражеское существо, либо в самом

начале на слабое существо для захвата контроля карты и инициативы. Глобальные карты воздействуют сразу на всех вражеских или собственных уже разыгранных существ, и их ценность возрастает при увеличении карт на столе. Более дорогие карты имеют большую ценность, однако подобный подход не решает всех поставленных задач перед эффективностью искусственного оппонента в частных редких случаях.

Последняя информация, которая доступна искусственному алгоритму – это тип колоды которой играет его кожаный оппонент. Как было описано ранее, алгоритм способен определить тип вражеской колоды за 3 ходы при быстрой вражеской колоде и за 3-5 ходов при использовании сбалансированной или медленной колоды. Это объясняется типичными используемыми картами в описанных колодах и можно визуализировать их отношения с помощью графика представленного на рисунке №6.

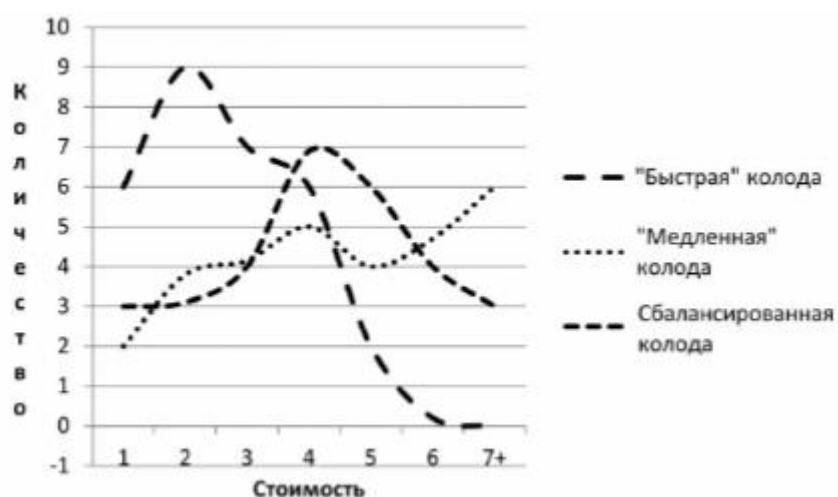


Рисунок 6 – Отношения возможных колод

Как видно из графика, отличить агрессивную колоду проще всего, но это и надо сделать раньше всего, так как стратегии игры против подобной колоды отличается радикально. Подробно про игру против каждой колоды было описано разделом ранее. Проверка по типичным картам и их стоимостям в кристаллах манны идёт вплоть до 10 хода, это сделано, в основном, что бы отличить медленную колоду от сбалансированной.

Получения информации о вражеской колоде позволяет более точно устанавливать вероятности получения оппонентом карт, которые либо увеличат, либо уменьшат ценность собственных карт.

Возвращаясь к началу раздела, а именно двум частям хода: действие уже разыгранных карт и розыгрыш карт из руки. Розыгрыш карт из руки характеризуется их параметром ценности, в то время как действие уже разыгранных карт, а именно атака собственными существами, упирается в задачу приобретения контроля игрового стола, а эта задача характеризуется отношением суммарного количества параметров атаки и защиты своих и вражеских существ. Подобный подход немного уменьшает эффективность «правильных» ходов искусственного оппонента, но работает.

Сперва алгоритм, при построении комбинации на текущий ход, решает задачу с частью действиями уже разыгранных существ, а позже разыгрывает карты из руки, однако есть нюанс.

Ключевая проблема в созданной задаче по ходу искусственного оппонента кроется в том, что обе части взаимосвязаны. Есть множество ситуаций, где «правильный» ход заключается в том, что следует сперва задействовать уже разыгранное существо, затем использовать карту из руки, например заклинание, после использовать оставшиеся уже разыгранные существа и вновь воспользоваться картами из руки. Однако такие ситуации возможны лишь при наличии на вражеской половине стола существ с дополнительными свойствами, например: провокация, божественный щит, регенерации и другие.

Решение описанной проблемы: если на вражеском столе присутствуют разыгранные карты с дополнительными свойствами, то в уже созданную комбинацию на текущий ход («правильную комбинацию» по мнению алгоритма) на каждую возможную позицию добавляются карты из руки, которые могут повлиять на ситуацию, на текущем ходу, это карты заклинаний и карты со свойством рывок. Подобное добавление в первую часть хода алгоритма заведомо исключит возможность разыграть некоторые карты на этом ходу, например дорогие существа, так как была потрачена манна на заклинания.

Поэтому в подобных случаях, если будут исключены другие карты из-за добавления новых в результат хода, создаётся ещё одна версия хода, где сначала разыгрываются карты, а затем идёт фаза действий существ. Версия с большим результатом контроля карты и будет ходом искусственного оппонента.

Если же изначально в первую очередь решать задачу по части розыгрыша карт из руки будет создавать ещё больше решений, огромное множество из которых будет заведомо неудачно, так как именно существа и их действия определяют контроль карты.

6 Оценка работы различных алгоритмов для созданной задачи

Созданная задача – это задача по поиску оптимального решения в 2, 3 или 4 этапа. Задача специфическая и каждый из этапов был отдельно исследован для различных алгоритмов поиска. Все перечисленные этапы задачи можно представить в виде графов, которые следует перебрать.

Сравнение работы различных алгоритмов заключалось в быстродействии, количестве произведённых операций и эффективности решения. Был создан ряд задач в один ход, по которым происходило тестирование различных алгоритмов. Экономия ресурсов на последующие ходы была учтена посредством формулы ценности карт, карты имеющие коэффициент ценности меньше единицы попросту не разыгрываются. Коэффициент контроля карты заключается в отношении разниц суммы показателей атаки и защиты собственных и вражеских существ в начале и в конце текущего хода. Алгоритм по-прежнему не просчитывает на несколько ходов вперёд и действия противника, даже если они очевидны.

Исследуемые алгоритмы:

- 1) Полный перебор;
- 2) Эмпирический алгоритм;
- 3) Оценочный алгоритм частного перебора;

Полный перебор – перебирает все возможные вариации без прелюдий.

Эмпирический алгоритм – усечения ряда решений посредством использования оператора «если» по ряду логических булевых вопросов.

Оценочный алгоритм частного перебора – оценка заключается в отбрасывании заведомо неправильных веток не проходящих по определённом параметру (например, резкое уменьшение показателя контроля).

Не многие алгоритмы удалось использовать в исследуемой задаче, каждый из исследуемых алгоритмов был адаптирован под требуемую задачу.

Рассматриваются следующие этапы:

- 1) действий существ;
- 2) розыгрыша карт;
- 3) дополнения «правильного» хода;

4) ход наоборот.

Этап действий существ характеризуется тем, что каждое собственное существо может атаковать одно из вражеских, либо вражеского героя, либо пропустить ход. Следовательно, количество вариация может быть $(\text{кол-во собственных существ}) * (\text{кол-во вражеских} + 2)$, причём это количество не постоянно, так как во многих ситуациях количество вражеских существ уменьшается при ходе собственного существа. Важен порядок атаки собственных существ. На вариативность ходов так же влияют способности существ по типу провокация или неистовство ветра, рывок, божественный щит, которые либо уменьшают, либо увеличивают количество вариаций соответственно.

Этап розыгрыша карт зависит напрямую от количества доступных кристаллов манны. Карты, имеющие больший показатель ценности разыгрываются в первую очередь. Для проверки увеличения показателя контроля после розыгрыша карт использовался алгоритм полного перебора, однако необходимость в нём отпала после создания формулы ценности для каждой карты. Этот этап не рассматривался как тестовый.

Третий этап – это этап с дополнением уже созданного хода картами с руки, количество вариация увеличивается в зависимости от доступных кристаллов манны. После него разыгрываются карты на оставшуюся манну.

Четвёртый этап – это полностью ход на оборот, в котором сначала разыгрываются карты из руки на доступную манну, затем действуют существа. Результат четвёртого этапа сравнивается с результатом третьего этапа.

Далее следует пример тестового задания.



Рисунок 7 – Пример тестового задания

Искусственный оппонент – нижний игрок, сейчас его ход. Правильным ходом будет розыгрыш 4 карты из руки (это заклинание, которое нанесёт 2 единицы урона всем трём вражеским существам) и уничтожение вражеского существа с провокацией (хоть после второго действия показатель контроля уменьшится, карта с дополнительным свойством имеет большую угрозу и больше влияет на коэффициент ценности карт в руке). Надо заметить, что при розыгрыше карты заклинания у искусственного оппонента не останется манны на мощное существо и ему придётся разыграть более слабое.

Ход, в котором будет разыграно мощное существо за 6 манны, уничтожено 1 и 2 существо собственными существами будет неправильным, так как отношение показателей контроля будет 7 к 11, а в первом варианте 9 к 9. К этому ещё можно добавить, что в первой ситуации вражескому герою будет нанесена 1 единица урона, что не учитывается алгоритмом (пока что) и имеет свою ценность.

В данном примере задействованы все 4 этапа.

Из всех трёх алгоритмов лишь алгоритм полного перебора справился с задачей, он умничка.



Рисунок 8 – Решение тестового задания

Остальные два алгоритма предпочли второе решение, отбросив правильный вариант походу работы алгоритма, так как ценность карт не меняется походу нахождения «правильного» хода.

Всего было создано 5 тестовых задач. Во всех пяти алгоритм полного перебора был успешен, оценочный алгоритм частного перебора был успешен 4 из пяти, эмпирический алгоритм был лишь успешен в самом простом тесте. Последнее связано со сложностью его реализацией. Ошибка оценочного алгоритма частного перебора охарактеризована условиями проверки изменения контроля на карте. Если же ослабить подобное условие, то он ничем не будет отличаться от алгоритма полного перебора. Так же стоит отметить, что не все ходы позволяют игроку увеличить показатель контроля на поле, из-за этого существуют моменты, когда все алгоритмы кроме, алгоритма полного перебора, попросту будут пропускать ходы вместо попыток исправить положение.

Результаты исполнения записывались в целом за ход, из-за однотипности этапов разделять алгоритмы по ним было нецелесообразно. Пороговое значение на ход 10 секунд, это время которое пользователь может ждать отвлекаясь на анимации перехода хода и действий механик, например регенерации.

Таблица 1 – Сравнение времени и эффективности решения алгоритмов

Алгоритм	Полный перебор					Оценочный алгоритм частного перебора					Эмпирический алгоритм				
№ тестового задания	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Время выполнения (с)	2.7	7.8	7.7	4.0	5.5	0.9	3.3	3.1	3.8	3.4	0.21	2.41	2.87	2.0	3.13
Оценка решения	5	5	5	5	5	5	5	4	5	3	5	4	4	2	3

Результаты количества операций достаточно не показательны. Эмпирический алгоритм не прошёл проверку качества по эффективности решений, задача слишком сложна для реализации подобного алгоритма. Алгоритм полного перебора был успешен на все 100%, однако его временные показатели пугают в перспективе, ведь при более сложных ситуациях или при дальнейшем развитии проекта, когда появится больше карт и механик, подобные временные показатели вполне могут превзойти 10 секунд ожидания пользователя и даже 30 секунд отведённых на ход. Оценочный алгоритм частного перебора оказался самым успешным и именно на его основе был создан собственный алгоритм, который имеет более простые ограничения, а именно действие не должно привести к -6 контролю. Статично прописан ряд условий. При тестировании нового алгоритма временные показатели увеличились лишь на доли секунды, однако пятый тест, описанный ранее, стал решаться правильно, но не третий тест, что говорит о требуемой дальнейшей доработки алгоритма. В тестировании не были учтены такие факторы как экономия ресурсов, что предстоит учесть при дальнейшем развитии проекта.

На рисунке №9 представлена обобщённая схема собственного алгоритма. Алгоритм является модификацией оценочного алгоритма частного перебора в два основных и два дополнительных этапа с рядом логических условий решающий типовую задачу. Каждый блок содержит в себе множество циклов решающих задачу поиска оптимального решения среди данных представленных в виде графов.

В первую очередь собирается вся доступная информация о текущем состоянии матча и хода в частности: здоровье игроков, количество карт в руках игроков, оставшееся количество карт в колодах игроков, текущий номер хода, список выбивших собственных и чужих карт из игры, разыгранные карты на полях игроков с их характеристиками атаки, здоровья, начальной ценности для каждой соответственно и, что крайне важно, текущие усиления существ на всех существах присутствующих на поле в данный момент, в том числе и дополнительные свойства существ, доступное количество кристаллов манны и непосредственно карты в руке с их характеристиками атаки, здоровья, начальной ценности для каждой соответственно, отношение собственных комбинаций карт и отношение противодействий вражеских карт, процентное значение типа вражеской колоды.

Вторым шагом становится разбиение доступной информации на соответствующие объекты для дальнейшего представления в виде графа.

Третий шаг заключается в вычислении отношений показателей контроля на карте. На этом этапе проверяются возможные комбинации усиливающие действие собственных карт из-за их дополнительных свойств, и, аналогично, проверяются комбинации противодействующих свойств у вражеских существ. Данные комбинации будут эквивалентно переведены в значение характеристик существа.

Самым важным этапом является четвёртый, на этом этапе вычисляются вероятности оставшихся типичных карт в колодах игроков, вероятность какой колодой играет оппонент, переносятся значение комбинаций уже разыгранных

карт из прошлого этапа и начинается вычисление параметра ценности карты по выведенной формуле.

Далее следует множество проверок состояния игрового поля и состояния предстоящего хода. Ключевые из этих проверок, больше всех влияющие на поведение алгоритма – это проверка на наличие дополнительных защитных свойств у вражеских существ и проверка на отношение стоимостей в кристаллах манны карт в руке игрока и доступными кристаллами манны на ход.

Проверка на дополнительные защитные свойства у вражеских существ важна, так как подобные свойства, например, божественный щит, который блокирует любой первый урон вне зависимости от его значения, невозможно представить в виде слагаемого для характеристики здоровья существа, ведь божественный щит может заблокировать хоть 1, хоть бесконечное количество урона. В подобном случае придётся воспользоваться дополнительным блоком, дополнительным перебором чередующихся розыгрышей карт из руки и действий существ на поле боя или наоборот.

Проверка на замещающиеся карты в руке из-за нехватки кристаллов манны не так проста, как кажется. Каждый набор выбранных карт для розыгрыша ведёт за собой полностью новый набор всех доступных вариаций ходов, следовательно, значение возможных комбинаций на ход, без усечения логических проверок, может возводиться в квадрат за каждую новую комбинацию выбранных карт для розыгрыша. Поэтому в данном случае выгодно использовать дополнительным этапом ход “наоборот”, в котором изначально решается вопрос разыгрываемых карты из руки, а уже после они дополняются вариациями с чередованием действий разыгранных существ на поле. Стоит отметить, что данная проверка отмечает лишь замещающиеся карты в руке, то есть в тех случаях, когда розыгрыш как минимум одной карты запретит разыгрывать другую. Это довольно распространённое явление.

Этапы поиска описаны ранее. В основном на различных этапах поиска алгоритм отсекает до трёх вариаций “правильного” хода и последним этапом, по значению изменения отношений показателя контроля суммы характеристик

вражеских и собственных существ будет выбран вариант хода для розыгрыша. В спорных случаях будет выбран тот ход, в котором меньше количество разыгранных карт из руки.

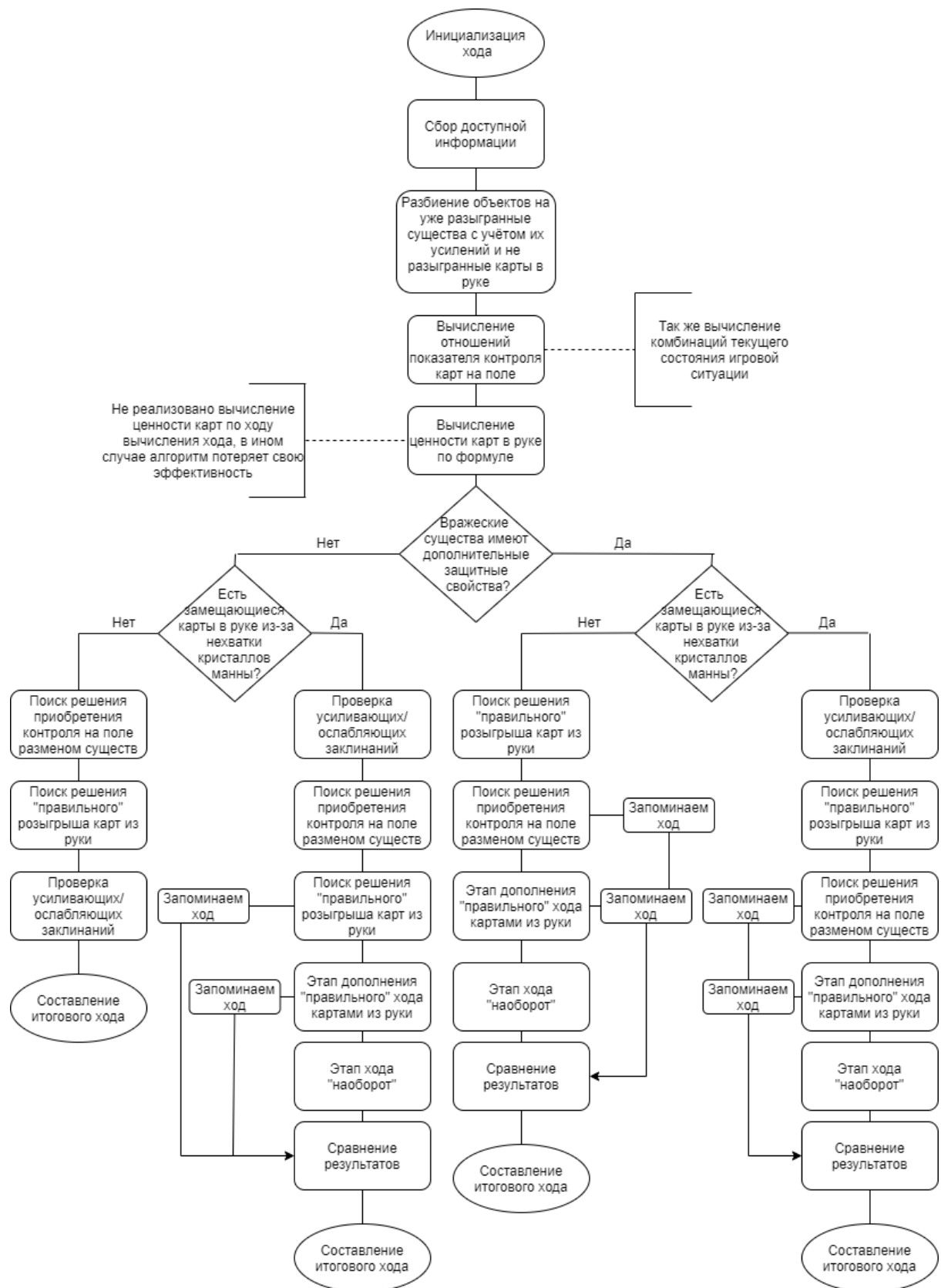


Рисунок 9 – Обобщённая блок-схема собственного алгоритма

7 Разработанное приложение

В процессе работы было создано приложение в среде разработки Unity3D.

Данное приложение развлекательного характера служит для организации игрового процесса в жанре коллекционной карточной игры.



Рисунок 10 – Разработанное приложение

Созданное приложение содержит карты в руках игроков, карты на полях по разные стороны, карты в колодах и ушедшие в отбой карты как отдельные объекты и поля, что позволит развивать алгоритм в дальнейшем. Реализовано два десятка существ и десятков заклинаний. Размещён интерфейс в виде состояния здоровья героев, количества доступной/оставшейся манны, временной индикатор хода и кнопка завершения хода. Всё управление происходит с помощью перетаскивания карт на цели для их взаимодействия. Например, что бы разыграть существо надо перетащить его из руки на свою сторону игрового поля. Чтобы разыграть заклинание, надо перетащить его на соответствующую цель, на собственного или вражеского героя, собственное или вражеское существо, на собственную или вражескую часть игрового поля. Что бы сходить существом

надо перетащить его с местоположения на поле на соответствующую цель, вражеского героя или вражеское существо.

Был реализован модифицированный под требуемую задачу оценочный алгоритм частного перебора разбитый на два основных и два проверочных этапа с условиями.

8 Финансовый менеджмент

8.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

8.1.1 Потребители результатов исследования

Вариации данного алгоритма поведения искусственного оппонента в коллекционной карточной игре предназначены для использования в продуктах крупнейших игровых компаний специализирующихся на соответствующем жанре компьютерных игр: Blizzard Entertainment, CD Projekt RED, Riot Games и другие. Это большие коммерческие организации, соответственно, решения для таких организаций будут рассмотрены в анализе конкурентных решений.

8.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Проведем сравнительный анализ конкурентных технических решений, существующих на рынке информационных систем по поиску пересечений:

1. Библиотека для работы с анимацией объектов “DOTween”
2. Коммерческое решение движка “Unity3D”
3. Типизация и внедрение собственного алгоритма

Анализируемые данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Бф	Бк1	Бк2	Бк3	Кф	Кк1	Кк2	Кк3
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
Функциональная мощность	0,2	5	5	4	5	1	1	0,8	1
Устойчивость	0,1	5	4	4	5	0,5	0,4	0,4	0,5
Надежность хранения данных	0,2	5	0	5	4	1	0	1	0,8
Уровень защиты доступа	0,1	5	4	4	5	0,5	0,4	0,4	0,5
Простота	0,1	5	2	0	2	0,5	0,2	0	0,2

интерфейса									
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности									
Цена	0,2	5	2	5	5	1	0,4	1	1
Степень влияния на рынок	0,05	1	5	5	5	0,05	0,25	0,25	0,25
Поддержка продукта	0,05	2	3	5	4	1	0,15	0,25	0,2
Итого	1					5,55	2,8	4,1	4,45

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Разрабатываемый собственный алгоритм поведения искусственного оппонента в коллекционной карточной игре имеет ряд преимуществ перед конкурентами:

1. Минимальные вложения в реализацию;
2. Не требует дополнительных модулей;
3. Является кроссплатформенным решением;
4. Доступно множество вариаций для типовых задач;

8.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD позволяет оценить качество и перспективность на рынке проекта. Технология QuaD содержит две ключевые группы показателей: качество и коммерческий потенциал разработки. Каждый показатель влияет на итоговую оценку всей группы, итоговые оценки группы показателей составляют средневзвешенную величину – итоговую оценку проекта по версии технологии QuaD.

Оценка производится экспертным путём по 100 бальной шкале. В таблице 3 представлена оценочная карта разработки собственного алгоритма.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Макс. балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
Показатели оценки качества разработки					
Функциональная мощность	0,2	80	100	0,8	0,16
Устойчивость	0,1	75	100	0,75	0,075
Надежность хранения данных	0,1	100	100	1	0,1
Удобство эксплуатации	0,15	90	100	0,9	0,135
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
Конкурентно-способность продукта	0,1	95	100	0,95	0,095
Степень влияния на рынок	0,1	55	100	0,55	0,055
Финансовая эффективность научной разработки	0,05	85	100	0,85	0,0425
Перспективность рынка	0,15	90	100	0,9	0,135
Поддержка продукта	0,05	45	100	0,45	0,0225
Итого	1	685	900	6,85	0,82

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$\Pi_{cp} = \sum B_i \cdot B_i$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

$P_{cp} = 82$, отсюда можно сделать вывод, что разработка является перспективной.

8.1.4 SWOT-анализ

Для выделения сильных и слабых сторон проекта, его возможностей и угроз требовалось провести комплексный анализ разработки. Для данной задачи в лучшей степени подходит SWOT-анализ.

В таблице 4 представлена итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 4 – SWOT-анализ.

Сильные стороны	Слабые стороны
<ol style="list-style-type: none"> 1. Внедрение не требует специалистов высокого класса; 2. Быстродействие; 3. Минимальные вложения в реализацию; 4. Не требует дополнительных модулей для развертывания; 5. Доступно множество вариаций для типовых задач. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Узконаправленная разработка типовых задач; 2. Зависимость от родительского продукта; 3. Конкурентоспособность перед костыльными решениями данной задачи другими разработчиками.
Возможности	Угрозы
<ol style="list-style-type: none"> 1. Потребность расширение функциональности разработки из-за увеличения контента родительских продуктах; 2. Переход на микросервисные решения. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Возможны непредвиденные ошибки в приложении и работе алгоритма.

SWOT-анализ выявил сильные стороны разработки и возможности, которые могут сделать его конкурентоспособным, если развивать его в данных

направлениях. Также были определены слабые стороны проекта и угрозы в работе алгоритма. Их необходимо минимизировать, тщательно контролируя процесс отладки приложения, используя различные тесты для проверки приложения на ошибки и возможные недочеты. Важной слабой стороной является конкурентоспособность перед уже существующими костыльными решениями данной задачи другими разработчиками, требуется уделить особое внимание демонстрации возможностей созданного продукта над его аналогами.

8.2 Планирование научно-исследовательских работ

8.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Комплекс предполагаемых работ имеет следующий порядок:

1. Определение структуры работ в рамках научного исследования;
2. Определение участников каждой работы;
3. Установление продолжительности работ;
4. Построение графика проведения научных исследований и разработок.

Реализацией информационной системы занимается научная группа, состоящая из руководителя проекта – преподавателя и студентов. Виды запланированных работ распределены между ними и представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Оформление идеи разработки	1	Формирование задания	Студент, руководитель проекта
Составление технического задания	2	Анализ материалов предметной области	Студент, руководитель проекта
	3	Выработка концепции планируемого инструмента	Студент, руководитель проекта
Выбор подходов для решения текущей задачи, написание программы, алгоритма и их	4	Выбор инструментов разработки	Студент
	5	Проектирование архитектуры инструмента	Студент
	6	Разработка	Студент

отладка	7	Модульное тестирование	Студент
Обобщение по проделанной работе. Оценка результатов.	8	Оценка эффективности полученных результатов	Студент, руководитель проекта
Тестирование системы конечными пользователями	9	Тестирование конечными пользователями	Студент
	10	Отладка	Студент
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	11	Составление пояснительной записки	Студент, руководитель проекта

8.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Основная стоимость инструмента образуется из трудовых затрат участников, следовательно, необходимо определить трудоемкость работ.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}$$

где $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_r , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое

вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %. Продолжительность одной работы определяется по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для создания графика разработки информационной системы используется специализированный инструмент – Диаграмма Ганта. Это горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Чтобы определить длительность этапов работ, отображаемых на графике, была использована формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_k$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

k_k – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_k = \frac{T_k}{T_k - T_{вых} - T_{пр}}$$

где T_k – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

$$k_k = \frac{365}{365 - 66} = 1,22$$

8.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Подсчет показателей трудоемкости представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Перечень работ и подсчет показателей

Описание работы	Исполнители	t_{\min}	t_{\max}	$t_{\text{ожид}}$	Ч	T_{pi}	T_{ki}
Формирование задания	Студент, руководитель	2	5	3,2	2	1,6	2,0
Анализ материалов предметной области	Студент, руководитель	3	6	4,2	2	2,1	2,6
Выработка концепции планируемого алгоритма	Студент, руководитель	3	6	4,2	2	2,1	2,6
Выбор инструментов разработки	Студент	1	2	1,4	1	1,4	1,7
Проектирование архитектуры алгоритма	Студент	10	15	12	1	12	14,6
Разработка	Студент	20	25	22	1	22	26,8
Модульное тестирование	Студент, руководитель	8	10	8,8	1	8,8	10,7
Оценка эффективности полученных результатов	Студент, руководитель	6	10	7,6	2	3,8	4,6
Тестирование конечными пользователями	Студент	6	8	6,8	1	6,8	8,3
Отладка	Студент	4	10	6,4	1	6,4	7,8
Составление пояснительной записки	Студент, руководитель	3	7	4,6	2	2,3	2,8
Итого	Студент	66	104	81,2	-	69,3	84,5
	Руководитель	25	44	32,6	-	20,7	25,3

На основе рассчитанных временных показателей проведения научного исследования была построена диаграмма Ганта представленная на рисунке 11 и занятость ресурсов на рисунке 12.

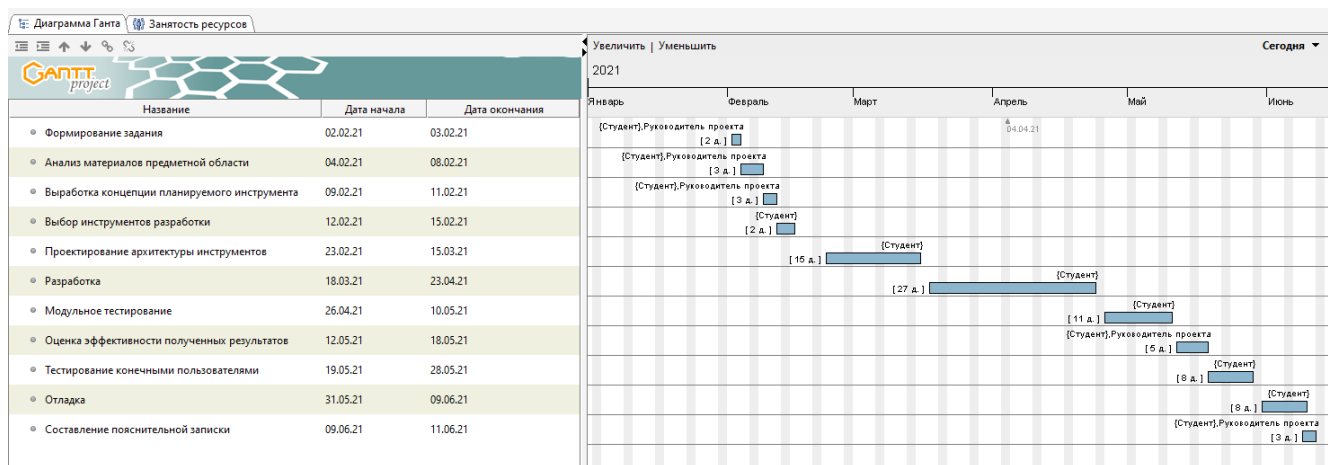


Рисунок 11 – Диаграмма Ганта

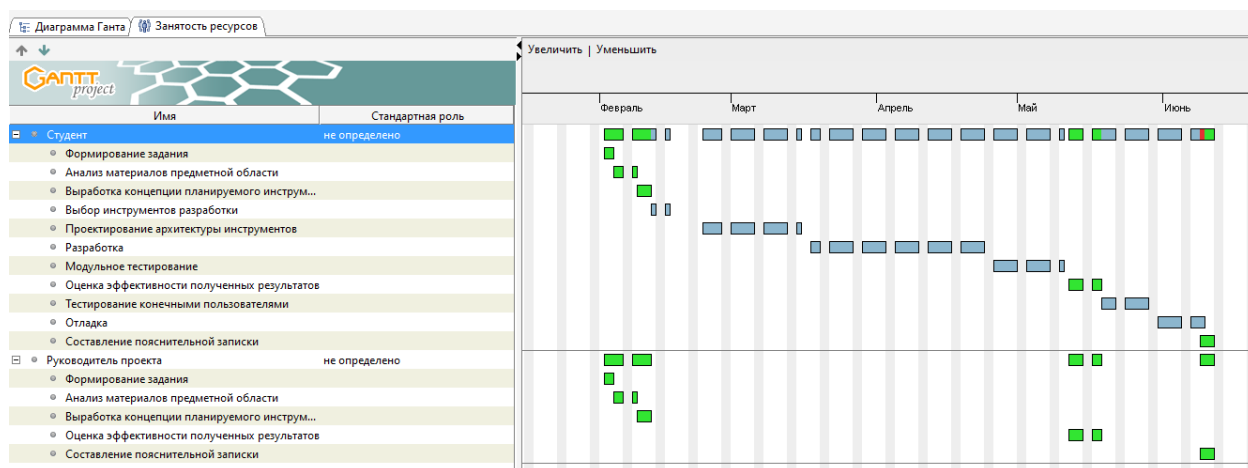


Рисунок 12 – Занятость ресурсов студента и руководителя проекта

8.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- расчет амортизационных отчислений;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

8.3.1 Расчет амортизационных отчислений

Расчет затрат на специальное оборудование для научных целей включает в себя затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого при разработке проекта. Т.к. при работе студента и руководителя над проектом использовался ПК уже имеющийся на производстве, стоимость этого оборудования учитывается в подсчете в виде амортизационных отчислений.

Расчет амортизации ПК: первоначальная стоимость ПК 95990 рублей; срок полезного использования для машин офисных код 330.28.23.23 составляет 2-3 года, возьмем 2 года. Планируемое время использования ПК для написания ВКР -

5 месяцев. Амортизация основных средств рассчитывается по следующей формуле:

$$A = OC_{\text{перв}} \cdot A_M$$

где $OC_{\text{перв}}$ – первоначальная стоимость основных средств;

A_M – норма амортизации.

Тогда расчет амортизации ПК:

- норма амортизации:

$$A_n = \frac{1}{n} \cdot 100\% = \frac{1}{2} \cdot 100\% = 50\%$$

- годовые амортизационные отчисления:

$$A_r = 95990 \cdot 0,5 = 47995 \text{ рублей}$$

- ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_r = \frac{47995}{12} = 4000 \text{ рублей}$$

- итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A_r = 4000 \cdot 5 \cdot 2 = 40000 \text{ рублей}$$

В итоге сумма затрат на специальное оборудование (его амортизацию) составляет 40000 руб. На удивление круглое число.

8.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В данную статью включается основная заработная плата (включая премии, доплаты) и дополнительная заработная плата участников проекта. Рассчитаем основную заработную плату исполнителей проекта.

Заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}},$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата исполнителя;

$З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата исполнителя (12-20% от размера основной заработной платы $З_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_p,$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.

$K_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент (0,3);

$K_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5);

$K_{\text{р}}$ – районный коэффициент (для Томска – 1,3);

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 9:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (9)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад исполнителя, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 рабочих дня $M = 11,2$ месяца, 5–дневная неделя;

при отпуске в 48 рабочих дней $M = 10,4$ месяца, 6–дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени персонала по разработке.

Предположим, что размер месячного должностного оклада без учета коэффициента научного руководителя со степенью кандидата технических наук и должностью доцента 35 тыс. рублей, студента-ассистента без степени – 17,5 тыс. рублей. Баланс рабочего времени для 6-дневной рабочей недели сформирован в таблицу 7.

Таблица 7 – Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	56
Действительный годовой фонд рабочего времени	243

Исходя из представленных данных, была рассчитана среднедневная заработная плата:

$$З_{\text{дн}}(\text{студент}) = \frac{17500 * 10,4}{243} = 737,44 \text{ рублей}$$

$$З_{\text{дн}}(\text{научный руководитель}) = \frac{35\,000 * 10,4}{243} = 1497,94 \text{ рубля}$$

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Затраты на основную заработную плату

Исполнители	З _{дн} , руб.	К _{пр}	К _д	К _р	Т _р	З _{осн} , руб.
Студент	737,44	0,3	0,2	1,3	69	99222,55
Научный руководитель	1497,94	0,3	0,2	1,3	21	61340,65
Итого						160563,2

8.3.3 Дополнительная заработная плата

Законодательно предусмотрена дополнительная заработная плата, которая состоит из доплат за отклонение от нормальных условий труда, выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций. Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}},$$

где З_{доп} – дополнительная заработная плата, руб.;

к_{доп} – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15);

З_{осн} – основная заработная плата, руб.

к_{доп} равен 0,15. Вычисление затрат на дополнительную плату приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнители	З _{осн} , руб.	К _{доп}	З _{доп} , руб.
Студент	99222,55	0,15	14883,4
Научный руководитель	61340,65	0,15	9201,1
Итого			24084,5

8.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице Таблица 10.

Таблица 10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	З _{осн} , руб.	З _{доп} , руб.	К _{внеб}	З _{внеб} , руб.
Студент	99222,55	14883,4	0,302	34459,9
Научный руководитель	61340,65	9201,1	0,302	21303,6
Итого				55763,5

8.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы – дополнительные к основным затратам расходы, необходимые для обеспечения процессов производства, связанные с управлением, обслуживанием. Накладные расходы вычисляются по формуле:

$$З_{нкл} = \text{сумма статей (1 – 4)} * k_{нр},$$

где $k_{нр}$ – коэффициент накладных расходов (16% от суммы затрат, подсчитанных выше).

Расчет затрат на отчисления во внебюджетные фонды приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет накладных расходов

Статьи затрат	Сумма, руб.
Затраты на специальное оборудование	40000
Затраты на основную заработную плату	160563,2
Затраты на дополнительную заработную плату исполнителям проекта	24084,5
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	55763,5
Коэффициент накладных расходов	0,16
Накладные расходы	44865,79

8.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского

проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %	Примечание
1. Затраты на специальное оборудование	40000	12,3	Пункт 7.3.1
2. Затраты на основную заработную плату	160563,2	49,36	Пункт 7.3.2
3. Затраты на дополнительную заработную плату	24084,5	7,4	Пункт 7.3.3
4. Страховые взносы	55763,5	17,14	Пункт 7.3.4
5. Накладные расходы	44865,8	13,79	16 % от суммы ст.1-4
Общий бюджет	325276,9	100	Сумма ст.1-5

Таким образом, общий бюджет НТИ составляет 325276,9 рубля.

Вывод

Разработка была оценена с точки зрения качества и перспективности на рынке благодаря технологии QuaD, выявлены сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы посредством SWOT-анализа. Эта работа позволила сделать разработку алгоритма поведения искусственного оппонента в коллекционной карточной игре более конкурентоспособной. Была создана диаграмма Ганта, которая показывает рейтинг-план по проекту. Рассчитаны накладные расходы, отчисления во внебюджетные фонды, дополнительная и основная заработная плата сотрудников, амортизация отчислений.

9 Социальная ответственность

Введение

Работа посвящена разработке алгоритма поведения искусственного оппонента в настольной компьютерной игре в среде разработки Unity3D путём модификации оценочного алгоритма частного перебора с иными элементами. Вариации данного алгоритма могут быть использованы в задачах поддержания игрового процесса с искусственным оппонентом в крупнейших компьютерных игровых проектах жанра Collectible Card Game. Проект используется при взаимодействии с ПЭВМ, поэтому будут рассмотрены меры по защите пользователя от вредных и опасных факторов в рабочей зоне при использовании средств вычислительной техники.

Выделены следующие вредные факторы:

1. Недостаточная освещенность;
2. Отклонения показателей микроклимата;
3. Повышенный уровень шума;

К опасным факторам относится опасность поражения электрическим током.

9.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Режим труда и отдыха регламентируется ТК РФ[27], а организация рабочего места пользователем ПЭВМ регламентируется ГОСТ 22269-76[28], ГОСТ 12.2.032-78[29], ГОСТ 21889-76[30].

Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю;

Организация рабочего места должна быть реализована таким образом, чтобы:

Взаимное расположение элементов рабочего места могло обеспечивать необходимые зрительные и звуковые связи между пользователем и оборудованием, а также между пользователями;

Не препятствовать выполнению трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля;

Органы управления соответствовали эргономическим требованиям и располагались в зоне досягаемости моторного поля;

При работе пользователя за ПЭВМ высота рабочей поверхности составляла 630 мм для женщин и 680 мм для мужчин или 655 мм для мужчин и женщин;

При работе пользователя за ПЭВМ пространство для ног обладало шириной не менее 500 мм;

При работе пользователя за ПЭВМ высота сиденья равнялась 400 мм для женщин и 430 мм для мужчин или 420 мм для мужчин и женщин;

Лицевые поверхности индикаторов располагались в оптимальной зоне информационного поля в плоскости, перпендикулярной нормальной линии взора пользователя, находящегося в рабочей позе. Допускаемое отклонение от этой плоскости - не более 45°; допускаемый угол отклонения линии взора от нормальной - 30° для индикаторов с плоским изображением.

Эксплуатирующие предприятия также должны следить за характеристиками используемой аппаратуры.

9.2 Производственная безопасность

9.2.1 Анализ вредных производственных факторов

Были обнаружены вредные и опасные производственные факторы, представленные в таблице 13.

Таблица 13 – Возможные вредные и опасные факторы.

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изгото- вление	Эксплу- атация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
2. Превышение уровня шума	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 Шум. Общие требования безопасности

3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение
4. Опасность поражения электрическим током	+	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

9.2.1.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещенность является отношение светового потока, падающего на малый участок поверхности, к его площади. Освещенность измеряется в люксах.

Из-за недостаточной освещенности при работе за ПЭВМ, у пользователя системы может возникать дискомфорт на рабочем месте, который приводит к повышенной утомительности и потере концентрации. Дискомфорт может проявляться в виде перенапряжения глазных мышц, сухости глазных яблок, головных болей и как следствие это приводит к снижению внимания и ухудшению настроения пользователя системы.

Чтобы избежать вышеперечисленных проблем следует соблюдать требования освещенности на рабочих местах, представленных в таблице 14, и регламентированных СП 52.13330.2016.

Таблица 14 – Требования к освещению помещений промышленных предприятий

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		Естественно е освещение	Совмещенное освещение
						Освещенность, лк	Сочетание нормируемых величин объединенного показателя дискомфорта UGR и коэффициента пульсации	KEO e _н , %	

сердечно-сосудистой системы. Охлаждение человека (как общее, так и локальное) приводит к изменению его двигательной реакции, нарушает координацию и способность выполнять точные операции, вызывает тормозные процессы в коре головного мозга, что может быть причиной возникновения различных форм травматизма. При локальном охлаждении кистей снижается точность выполнения рабочих операций.

Воздействие нагревающего микроклимата вызывает нарушение состояния здоровья, снижение работоспособности и производительности труда. Нагревающий микроклимат может привести к заболеванию общего характера, которое проявляется чаще всего в виде теплового коллапса. Он возникает вследствие расширения сосудов и уменьшения давления в них крови. Обморочному состоянию предшествует головная боль, чувство слабости, головокружение, тошнота.

Работа пользователей соответствует офисной работе, которая в свою очередь является работой категории Ia – работа с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающимися незначительными физическими нагрузками. Для данного вида работ определены оптимальные параметры микроклимата, представленные в таблице 15.

Таблица 15 – Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, 0С	Температура поверхностей, 0С	Относительная Влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория Ia(до 139)	23-25	21-25	40-60	0,1
Теплый	Категория Ia(до 139)	20-22	22-26	40-60	0,1

Для формирования благоприятного микроклимата в современных зданиях требуется правильно спроектировать систему центральной вентиляции и кондиционирования. Тогда воздух будет обрабатываться приточной установкой

для регулирования параметров температуры, влажности и кратности воздухообмена.

9.2.1.3 Повышенный уровень шума

Шум – это звуковые колебания в диапазоне слышимых частот, которые способны оказать вредное воздействие на безопасность и здоровье человека. Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на сотрудника, повышает его утомляемость, снижает внимательность и сосредоточенность, что приводит к росту числа ошибок и средней продолжительности выполнения задачи.

Воздействие высоких уровней шума может привести к постоянной потере слуха. Ни хирургия, ни слуховой аппарат не могут исправить полную потерю слуха. Опасно не только постоянное присутствие повышенного уровня шума в процессе работы, но и кратковременное воздействие слишком громких звуков.

В качестве источников звука при работе в офисном помещении могут выступать разговоры коллег, ремонтных работ, звуки техники и проезжающих машин.

Шум характеризуется уровнем звукового давления для различных частот. Нормы для шума, устанавливаемые ГОСТ 12.1.003-2014[34], описаны в таблице 16.

Таблица 16 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для работ, требующих высокой степени внимания и концентрации

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Скорость движения воздуха, м/с
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Работа в помещениях с ПЭВМ	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для того чтобы защитить пользователей системы от неблагоприятного воздействия шума необходимо использовать технологии для ограничения распространения звука в офисном пространстве. Использование пластиковых

оконных пакетов, перегородок и наушников уменьшит воздействие шума на операторов системы.

9.2.1.4 Электробезопасность

Электробезопасность - система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

При работе с ПЭВМ пользователи подвержены поражению электрического тока и как следствие получению ожогов, механическим повреждениям тканей и сосудов.

Наиболее частые причины поражения электрическим током в офисном помещении это прикосновение к оголенным частям провода находящимся под напряжением или неосторожные действия, например как попадание жидкости на электроприборы.

Офисное помещение относится к категории помещений без повышенной опасности. Однако ПЭВМ является потенциально опасным к поражению электрическим током. Общие требования по электробезопасности приведены в ГОСТ 12.1.019-2017[35].

Ниже приведены наиболее важные меры безопасности. Запрещается:

1. Закладывать провода и шнуры за газовые и водопроводные трубы, за батареи отопительной системы;
2. Выдергивать штепсельную вилку из розетки за шнур, усилие должно быть приложено к корпусу вилки;
3. Работать на средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании, имеющих нарушения целостности корпуса, нарушения изоляции проводов, неисправную индикацию включения питания, с признаками электрического напряжения на корпусе;
4. Класть на средства вычислительной техники и периферийное оборудование посторонние предметы.

9.3 Экологическая безопасность

Разработка алгоритма поведения искусственного оппонента в коллекционной карточной игре в среде разработки Unity3D на языке программирования С# косвенно или непосредственно не имеет никакого эффекта на атмосферу, гидросферу, литосферу.

9.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При нахождении пользователя за рабочим местом могут возникнуть множество чрезвычайных ситуаций. Ниже перечислены возможные ЧС:

1. техногенные (взрывы, пожары, обрушение помещений);
2. природные (наводнения, ураганы, бури, природные пожары);
3. биологические (эпидемии, пандемии);
4. антропогенные (война, терроризм).

9.4.1 Пожаробезопасность

Пожар является наиболее типичной ЧС. Пожар относится к опасным факторам. Пожар — это неконтролируемое горение. По причине пожара может быть получен значительный вред здоровью человека, возможен летальный исход, а также большие материальные потери. В офисе при использовании ПЭВМ и других электронных приборов пожар может возникнуть вследствие короткого замыкания, неисправностях в электроприборах и сетях, несоблюдение мер пожарной безопасности, отсутствие систем пожарной сигнализации и тушения. Основные опасные факторы пожара: тепловое излучение, высокая температура, отравляющее воздействие продуктов горения (окись углерода и др.), снижение видимости при задымлении.

Общие требования к пожарной безопасности приведены в ГОСТ 12.1.004–91 «Пожарная безопасность. Общие требования». Ниже перечислены наиболее важные меры в офисном помещении:

1. Ограничить курение на территории предприятия, оборудовав для этого специальные зоны;
2. Иметь первичные средства тушения пожаров и противопожарный инвентарь в соответствии с правилами пожарной безопасности;
3. Выполнять предписания, постановления и иные законные требования должностных лиц пожарной охраны;
4. Проводить обследования и проверки помещений в целях контроля за соблюдением требований пожарной безопасности. Помещения должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения в соответствии с действующими нормами, устанавливаемыми отраслевыми правилами пожарной безопасности. К первичным средствам пожаротушения относятся все виды переносных и передвижных огнетушителей, оборудование пожарных кранов, ящики с порошковыми составами, а также огнестойкие ткани.

Вывод

В данном разделе дипломной работы были изложены требования к безопасности на рабочем месте. На основании нормативных документов были установлены необходимые параметры освещения, микроклимата, уровня шума на рабочем месте. Соблюдение данных параметров, позволит ограничить воздействие вредных факторов на здоровье рабочих и увеличить их продуктивность.

Проведены исследования по электробезопасности и пожаробезопасности, организации действий при наиболее возможных чрезвычайных ситуациях.

Разработка алгоритма не оказывает негативного действия на атмосферу, гидросферу, литосферу.

Итоги работы

В ходе работы были изучены методы реализации искусственных оппонентов в современных популярных ККИ и карточных играх. Во время исследования были рассмотрены следующие вариации реализации:

- Машинное обучение нейросети
- Глубокое обучение нейросети
- Собственный алгоритм Riot games
- Генетический алгоритм
- Алгоритмы основанные на математической модели.

Были изучены алгоритмы перебора подходящие под описанную задачу:

- Полный перебор;
- Эмпирический алгоритм;
- Оценочный алгоритм частного перебора;

На основе полученных знаний было разработано собственное приложение в жанре ККИ в среде Unity3D. Алгоритмом для поведения искусственного оппонента стала собственная разработка учитывающая плюсы и минусы рассмотренных вариаций реализаций. Созданный алгоритм – это модификация под требуемую задачу оценочного алгоритма частного перебора.

Список используемой литературы

1. Own business management// Google books URL: https://books.google.ru/books?id=i_FeDwAAQBAJ&pg=PT951&lpg=PT951&dq (дата обращения: 20.10.2020).
2. Искусственный интеллект для игры Покер // ЮУрГУ URL: https://dspace.susu.ru/xmlui/bitstream/handle/0001.74/23430/2018_413_saratovtsevas.pdf?sequence=1 (дата обращения: 12.11.2020).
3. Legends of Runterra: интервью с ведущим разработчиком // STOPGAME URL: https://stopgame.ru/show/108606/legends_of_runterra_interview_s_veduschim_razrabotchikom_chno_eto_takoe_i_zachem_v_eto_igrat (дата обращения: 19.11.2020).
4. Как работают искусственный интеллект, машинное и глубокое обучение // Индустрия 4.0 URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5e845cec9a794747bf03e2c9> (дата обращения: 13.12.2020).
5. AI для Дурака // Хабр URL: <https://habr.com/ru/post/263259/> (дата обращения: 20.12.2020).
6. Эволюционный алгоритм: Генетический алгоритм // НТУ URL: <http://masters.donntu.org/2017/fknt/zhudin/diss/index.htm> (дата обращения: 01.11.2020).
7. Об искусственном интеллекте в покере // Хабр URL: <https://habr.com/ru/post/173273/> (дата обращения: 19.11.2020).
8. Принципы работы покерного бота // Хабр URL: <https://habr.com/ru/company/pokeroff/blog/96491/> (дата обращения: 14.11.2020).
9. Принципы работы покерного бота ч.2 // Хабр URL: <https://habr.com/ru/company/pokeroff/blog/105025/> (дата обращения: 19.11.2020).
10. Искусственный интеллект // SAS URL: https://www.sas.com/ru_ru/insights/articles/analytics/what-is-artificial-intelligence.html (дата обращения: 12.11.2020).

11. Применение ИИ на предприятии // Oracle URL: <https://www.oracle.com/ru/artificial-intelligence/what-is-artificial-intelligence.html> (дата обращения: 17.12.2020).
12. Already Using AI // Harvard Business Review URL: <https://hbr.org/2017/04/how-companies-are-already-using-ai> (дата обращения: 10.12.2020).
13. Neural networks for dummies // Хабр URL: <https://habr.com/ru/post/143129/> (дата обращения: 16.12.2020).
14. The Introduction to Neural Networks // Medium URL: <https://medium.com/technologymadeeasy/for-dummies-the-introduction-to-neural-networks-we-all-need-c50f6012d5eb> (дата обращения: 22.12.2020).
15. AI: Neural Network // Code Project URL: <https://www.codeproject.com/Articles/16508/AI-Neural-Network-for-beginners-Part-of-3> (дата обращения: 17.12.2020).
16. How AI in Games Works // Bit-gamer URL: <https://www.bit-tech.net/reviews/gaming/how-ai-in-games-works/3/> (дата обращения: 09.11.2020).
17. The Introduction to Neural Networks // Medium URL: <https://medium.com/technologymadeeasy/for-dummies-the-introduction-to-neural-networks-we-all-need-part-2-1218d5dc043> (дата обращения: 20.10.2020).
18. Генерация динамического контента для ККИ на базе методов машинного обучения // СПбГУ URL: https://dspace.spbu.ru/bitstream/11701/11565/1/TEN_-_masterwork.pdf (дата обращения: 22.10.2020).
19. GOAP: A Basic AI Tutorial // Free Basic URL: <https://www.freebasic.net/forum/viewtopic.php?t=27287> (дата обращения: 22.11.2020).
20. Создание игрового ИИ // Хабр URL: <https://habr.com/ru/company/pixonix/blog/428892/> (дата обращения: 22.10.2020).
21. Обзор техник реализации игрового ИИ // Хабр URL: <https://habr.com/ru/post/420219/> (дата обращения: 18.12.2020).

22. Создание искусственного интеллекта для игр – от проектирования до оптимизации // Хабр URL: <https://habr.com/ru/company/intel/blog/265679/> (дата обращения: 13.12.2020).
23. Математическая модель игры Доббль // Хабр URL: <https://habr.com/ru/post/437140/> (дата обращения 01.04.2021)
24. Курс Молодого Геймдизайнера: как считать баланс персонажей и снаряжения без математики // Хабр URL: <https://habr.com/ru/company/pixonic/blog/459504/> (дата обращения 01.04.2021)
25. Математика в Gamedev по-простому. Матрицы и аффинные преобразования // Хабр URL: <https://habr.com/ru/post/432544/> (дата обращения 04.04.2021)
26. Теория игр // Хабр URL: <https://habr.com/ru/post/163681/> (дата обращения 03.04.2021)
27. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 192-ФЗ (ред. от 30.04.2021) – М.; Рид Групп, 2021.
28. ГОСТ 22269-76 Рабочее место пользователя. Взаимное расположение элементов рабочего места. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 3 с.
29. ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 9 с.
30. ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. – М.: Издательство стандартов, 1993. – 15 с.
31. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение // Официальный сайт Минстроя России URL: <https://minstroyrf.gov.ru/> (дата обращения 09.02.2021) – 102 с.
32. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Минздрав России, 1997. – 14 с.
33. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарногигиенические требования к воздуху рабочей зоны». – М.: Стандартиформ, 2008. – 95 с.
34. ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности» Общие требования безопасности труда. – М.: Стандартиформ, 2015. – 13 с.

35. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Электробезопасность. – М.: Стандартинформ, 2017. – 32 с.

36. ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Пожарная безопасность технологических
процессов» – М.: Стандартинформ, 2006. – 68 с.